

VERIFICACIÓN DEL ETIQUETADO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS A PARTIR DE MEDICIONES EN EDIFICIOS CONSTRUIDOS

Czajkowski, Jorge Daniel

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable, FAU, UNLP
Calle 47 N° 162. CC 478 (1900) La Plata - Argentina
Tel-fax: 054 221 4236587 interno 255. E-mail: czajko@yahoo.com o layhs@fau.unlp.edu.ar

RESUMEN:

El país cuenta recientemente con una Norma IRAM sobre etiquetado de la eficiencia energética de calefacción para todo tipo de edificios. Esta norma solo es aplicable a edificios nuevos y no hay antecedentes de alguna metodología o protocolo que con error razonable permita evaluar edificios existentes. En el marco de los proyectos de investigación del LAYHS se tomó un caso de referencia que reúne múltiples soluciones constructivas y se diseñó un protocolo de mediciones y verificación del etiquetado para edificios en funcionamiento. Se presenta la metodología utilizada, resultados de las mediciones y se discuten los resultados obtenidos. Con esto se busca plantear una propuesta para que otros grupos del país se sumen hasta alcanzar un protocolo certero y de consenso.

Palabras Clave: etiquetado energético, ahorro energía; calefacción; eficiencia energética.

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo fue desarrollado en el LAYHS - FAU - UNLP. El mismo se encuentra enmarcado dentro de una de las líneas de investigación principales que se desarrollan en el laboratorio, orientados hacia la eficiencia energética edilicia en áreas urbanas. Forma parte de los objetivos del PICT 06 N° 956 “Eficiencia energética edilicia en áreas metropolitanas” y del proyecto acreditado por la UNLP denominado “Eficiencia Energética y Sustentabilidad para la Materialización de Edificios en un Contexto de Adaptación al Cambio Climático” sin dejar de mencionar al proyecto en red PAE “Eficiencia Energética en el Hábitat Construido”.

La Argentina cuenta con normativa relacionada con la calidad térmica edilicia desde principios de los '70, la cual es revisada y actualizada continuamente. Varios indicadores regulan la calidad de la envolvente edilicia en cuanto a la calidad térmica de edificios y el ahorro de energía en calefacción. Principalmente el coeficiente volumétrico de pérdidas de calor (G_{CAL} en $W/m^3 \cdot ^\circ C$) orientado al ahorro de energía en calefacción propuesto por la Norma IRAM 11604 y la transmitancia térmica (K en $W/m^2 \cdot K$) para muros y techos según tres niveles de calidad propuestos por la Norma IRAM 11605. La implementación de los valores propuestos por estas normas permitiría regular la calidad térmica de las construcciones y ser instrumentos para la regulación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). A principios del 2010 se aprobó la Norma IRAM 11900 sobre etiquetado de eficiencia energética en calefacción de edificios y propone dos indicadores normativos el τ'_m y el K'_m . El τ'_m se define como la caída de temperatura media ponderada entre la superficie interior de los cerramientos de un local o edificio y la que se da en el centro del local. El valor mínimo será de $1^\circ C$ para el nivel de eficiencia más elevado o Nivel A y valores mayores a $4^\circ C$ definirán el nivel más bajo o Nivel H. En el cálculo intervendrán las paredes verticales en contacto con el exterior o hacia otro local no calefaccionado, techos, puertas y ventanas y pisos en contacto con el aire exterior. Se desprecian los pisos en contacto con el terreno natural y no se consideran las pérdidas por renovaciones de aire. El otro indicador propuesto para facilitar su interpretación es K'_m y se define como la transmitancia térmica media ponderada de la envolvente exterior del local o edificio. Tendrá un valor mínimo de cero y un máximo dado por el material de construcción de mayor conductividad térmica y serán usualmente el vidrio o metales; siendo en este caso cercanos a $6 W/m^2 \cdot K$.

La norma 11900 para facilitar su aplicación plantea importantes simplificaciones, entre las cuales se fija una resistencia térmica interior constante para cualquier condición (muro o techo) de $0,13 m^2 \cdot K/W$ y una temperatura interior de confort de $20^\circ C$. Quedan como variables la temperatura exterior de diseño de las localidades, tomada de la IRAM 11603 y las características térmicas y formales del edificio.

En este punto surge la posibilidad de utilizar el protocolo aprobado en la norma y con leves modificaciones y mediante mediciones de temperaturas interiores y superficiales determinar los indicadores K'_m y τ'_m .

2. METODOLOGÍA

En las mediciones se utiliza una adaptación de la metodología desarrollada para la medición de temperaturas superficiales interiores en encuentros de cerramientos y que en su momento permitió demostrar la variación que se genera en la resistencia superficial interior generando condensaciones en paramentos por puentes térmicos geométricos (Czajkowski, 1999). Este trabajo facilitó un antecedente para la creación de la IRAM 11630 sobre riesgo de condensación en condiciones no usuales de cerramientos.

Dado que se busca utilizar el mínimo instrumental para facilitar el trabajo de posibles auditores se creyó conveniente usar una combinación de un termómetro infrarrojo *Marca Lutron* modelo TM-949 y un termómetro digital para la medición de las condiciones interiores de los locales. En este caso se utilizó un termómetro digital de bajo costo *marca “Multi”* Mod. 9299C

con sensor exterior de punta y retención de máximas y mínimas. A fin de verificar otros comportamientos higrotérmicos en la vivienda se instalaron microadquisidores de datos Hobo U10-003 (temp y HR) y U12-012 (temp, HR, iluminación y exterior). En dos U12-012 se instalaron termistores TMC6-HA que se ubicaron en contacto con muros exteriores a fin de medir temperaturas superficiales. Se protegieron los terminales de los termistores con foil de aluminio pulido a fin de minimizar el efecto del ambiente interior. Para la temperatura exterior se utilizó la brindada por una estación meteorológica Davis Gro Weather, cercana.



Figura 1: frente (norte) y fondo (sur) de la vivienda auditada en los suburbios de La Plata.

A fin de reducir la carga térmica generada por el sol se realizaron las mediciones en un día frío de invierno tomando las lecturas entre las 6:30 AM y las 7:30 AM. Previamente se contó con un plano de la edificación y se dividieron los sectores a medir en función del sistema constructivo de cada cara del edificio. Mientras se tomaban y registraban las lecturas con el termómetro infrarrojo se dejaba que el termómetro digital alcanzara la temperatura del ambiente. En este caso el tipo de termómetro de punta metálica no resultó ser el más adecuado por la lentitud en que alcanza a darse una lectura estable. Las lecturas con el termómetro IR se tomaron al centro de cada cerramiento y a aprox. 300 mm de distancia cuando se buscó separar diferentes materiales o a 1 m de distancia cuando se buscó integrar temperaturas.



Figura 2: Imagen mostrando el Hobo U12-012 en el centro de la habitación y el termistor en la pared exterior oeste.

El edificio desde un punto de vista tecnológico está dividido en tres fases de construcción en el tiempo y se encuentra completamente expuesto al aire exterior. El sector más antiguo de unos 32 m² construido con ladrillos huecos de 18 x 18 x 33 revocado en ambas caras y techo de canalón de fibrocemento con cielorraso suspendido de madera machihembrada y 20 mm de EPS de baja densidad. Puertas y ventanas de madera de vidrios repartidos.

El segundo sector de dos plantas y 100 m² con muros dobles de ladrillos a la vista y 40 mm de EPS en su interior, techo de chapa con cielorraso de madera machihembrada y 100 mm de EPS de 20 kg/m³. Las aberturas son de madera con vidrios repartidos de doble contacto. Solamente las ventanas de dormitorios en planta alta poseen cortinas de enrollar plásticas. En todas las carpinterías se obtuvo una ponderación de la relación vidrio/madera y dio 0,5 en relación al vano. Esto permite inferir que para un $K_{\text{vidrio}} = 5,86 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $K_{\text{marcos}} = 3,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ la transmitancia ponderada será de $K_{\text{aberturas}} = 4,68 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. La última ampliación de 54 m², también en dúplex, está realizada con un sistema constructivo liviano compuesto por una estructura de madera de pino tratado con CCA con terminación interior de paneles yeso roca y exterior EIFS¹ con 20 mm

¹ EIFS External Insulation Finish System

EPS 20 kg/m³ y película cementicia exterior. En el alma se encuentran 100 mm de lana de vidrio y refuerzos de tableros fenólicos de 18 mm. El techo es de chapa metálica galvanizada con cielorraso de madera machihembrada a la vista y en medio 50 mm de EPS 20 kg/m³ y 50 mm lana de vidrio en contacto con la chapa. El piso de este volumen prismático que da a una cochera abierta posee varias capas de aislamiento térmico compuestas por 20 mm EPS 20 kg/m³ + 50 mm contrapiso Isocrete + 3 mm espuma polietileno y piso flotante.

La ecuación 1 muestra la expresión de τ'_m de donde se despeja la transmitancia térmica, recordando que queda como resistencia superficial interior constante en 0,13 m².K/m. Las temperaturas resultan de mediciones. Luego en una hoja de cálculo se determinan las transmitancias térmicas parciales de cada parte de la vivienda para luego calcular los indicadores resultantes K'_m y τ'_m .

$$\tau'_m = \frac{\sum_1^n (\tau_i \cdot S_i)}{\sum_1^n S_i} \quad [\text{Ecuación 1}]$$

$$\tau_i = R_{Si} \cdot K_i \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \quad \therefore K_i = \tau_i / R_{Si} \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \quad [\text{Ecuación 2}]$$

En la ecuación 2 se despeja la transmitancia térmica K_i que surgirá del cociente entre la caída de temperatura en la cara interior de la envolvente analizada y el producto entre la resistencia superficial interior y la diferencia de las temperaturas del ambiente exterior y la temperatura interior del local.

Se presupone un régimen estacionario y se vigila que en el rango horario del monitoreo la variación de la temperatura exterior sea tendiente a cero.

Se realiza un análisis comparativo entre los resultados mediante auditoría y mediante cálculo aplicando la IRAM 11900 a la vivienda en base a documentación existente de detalles constructivos. Los resultados se muestran y discuten en dos partes: a. aplicación a la vivienda en su totalidad con independencia de que los espacios estén o no calefaccionados y b. se analiza cada fase de construcción como tres casas independientes. Esto debido a que la primer fase es de construcción convencional, la segunda contempla aislamiento térmico en la envolvente con valores superiores al Nivel b de la IRAM 11605, la tercera incluye un nivel de aislamiento térmico que supera ligeramente el Nivel A de la mencionada Norma.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis de la vivienda como totalidad:

En el período de medición la temperatura exterior se mantuvo en - 0,6°C con una humedad relativa de 87%. El viento soplaba del sur con una velocidad de 0,9 m/s siendo la sensación térmica de - 1°C.

LOCAL	Tint	Temperaturas superficiales interiores [°C]									
		TECHO		NORTE		ESTE		SUR		OESTE	
		opaco	vidrio	opaco	vidrio	opaco	vidrio	opaco	vidrio	opaco	vidrio
Estar/comedor	17,4	17	--	13	10	14	--	16	9	15	--
Toilette	17,4	--	--	--	--	--	--	14	--	--	--
Cocina	16,6	17	--	--	--	15	--	15	--	15	11
Lavadero	14,6	14	--	--	--	18	--	13	--	15	12
Dormitorio 1	18,1	16	--	15	11	17	--	--	--	--	--
Dormitorio 2	18	17,8	--	16	11	--	--	--	--	18	--
Baño	11,8	16	--	--	--	15	--	14	6	--	--
Escalera	18,1	21	--	--	--	--	--	16	7	--	--
Estudio 1	17,2	17	--	--	--	--	--	15	6	16	--
Quincho (nocalef)	9,5	6	--	5	3	7	--	6	--	6	3
Estudio 2	17,4	14	--	15	6	16	--	--	--	16	--
Baño 2	17,1	12	--	--	--	12	--	15	6	--	--
Office	17	14	--	--	--	--	--	15	6	15	--
Dormitorio 3	17,2	14	--	--	--	14	--	14	11	14	--
Cuarto anexo	17,3	15	--	15	10	15	--	--	--	15	--

Tabla 1: Valores de temperaturas medidas en la vivienda por local y cerramiento (solo cerramientos al exterior)

La Tabla 1 muestra el resultado de las mediciones en todas las partes de la envolvente en contacto con el exterior y puede verse en particular en vidriados una cierta disparidad en las lecturas.

Aplicando las ecuaciones 1 y 2 a una hoja de cálculo pueden obtenerse los valores parciales y total de K'_m y τ'_m a fin de verificar el cumplimiento de la IRAM 11900.

Operando los valores parciales mostrados en las Tablas 2 y 3 se obtiene como resultado un $\tau'_m = 2,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ que implicaría un Nivel E en cuanto a etiquetado energético. Como valor adicional se puede obtener la transmitancia térmica ponderada de $K'_m = 1,39\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

LOCAL	Tint	Tau i [°C]									
		TECHO		NORTE		ESTE		SUR		OESTE	
		opaco	vidrio	opaco	vidrio	opaco	vidrio	opaco	vidrio	opaco	vidrio
Estar/comedor	17,4	0	0	4,4	7,4	3,4	0	1,4	8,4	2,4	0
Toilette	17,4	—	0	0	0	0	0	3,4	0	0	0
Cocina	16,6	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	1,6	5,6
Lavadero	14,6	0,6	0	0	0	0,6	0	1,6	0	0,1	2,6
Dormitorio 1	18,1	2,1	0	3,1	7,1	1,1	0	0	0	0	0
Dormitorio 2	18	0,2	0	2	7	0	0	0	0	0	0
Baño	11,8	0,8	0	0	0	0,3	0	1	5,8	0	0
Escalera	18,1	0,1	0	0	0	0	0	2,1	11,1	0	0
Estudio 1	17,2	0,2	0	0	0	0	0	2,2	11,2	1,2	0
Estudio 2	17,4	3,4	0	2,4	11,4	0	0	0	0	1,4	0
Baño 2	17,1	5,1	0	0	0	5,1	0	2,1	11,1	0	0
Office	17	3	0	0	0	0	0	2	11	2	0
Dormitorio 3	17,2	3,2	0	0	0	3,2	0	3,2	6,2	3,2	0
Quarto anexo	17,3	2,3	0	2,3	7,3	2,3	0	0	0	2,3	0
Quincho (nocalaf)	9,5	3,5	0	4,5	6,5	2,5	0	3,5	0	3,5	6,5

Tabla 2: Valores calculados de la caída de temperatura en las superficies interiores.

LOCAL	Tint	Ki [W/m2°C]									
		TECHO		NORTE		ESTE		SUR		OESTE	
		opaco	vidrio	opaco	vidrio	opaco	vidrio	opaco	vidrio	opaco	vidrio
Estar/comedor	17,4	0	0	1,88	3,16	1,45	0	0,60	3,59	1,03	0
Toilette	17,4	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0
Cocina	16,6	0,04	0	0	0	0,04	0	0	0	0,72	2,50
Lavadero	14,6	0,30	0	0	0	0,30	0	0,81	0	0,05	1,32
Dormitorio 1	18,1	0,86	0	1,28	2,92	0,45	0	0	0	0	0
Dormitorio 2	18	0,08	0	0,83	2,89	0	0	0	0	0	0
Baño	11,8	0,50	0	0	0	0,19	0	0,62	3,60	0	0
Escalera	18,1	0,04	0	0	0	0	0	0,86	4,57	0	0
Estudio 1	17,2	0,09	0	0	0	0	0	0,95	4,84	0,52	0
Estudio 2	17,4	1,45	0	1,03	4,87	0	0	0	0	0,60	0
Baño 2	17,1	2,22	0	0	0	2,22	0	0,91	4,82	0	0
Office	17	1,31	0	0	0	0	0	0,87	4,81	0,87	0
Dormitorio 3	17,2	1,38	0	0	0	1,38	0	1,38	2,68	1,38	0
Quarto anexo	17,3	0,99	0	0,99	3,14	0,99	0	0	0	0,99	0
Quincho (nocalaf)	9,5	2,67	0	3,43	4,95	1,90	0	2,67	0	2,67	4,95

Tabla 3: Valores calculados de las transmitancias térmicas Ki.

	Auditado	Calculado	Diferencia %
τ'_m	2,6	2,8	3,8
Calidad	E	E	
K'_m	1,34	1,39	3,8

Tabla 4: Comparación de valores auditados y calculados de τ'_m y K'_m

Un análisis detallado de resultados parciales para cada parte de la envolvente de la vivienda muestra una cierta disparidad pero que al obtener los resultados finales medios ponderados de caída de temperatura y transmitancia térmica alcanzan una razonable proximidad con una diferencia de 3,8% entre auditado y calculado. En ambos casos la vivienda como totalidad muestra un Nivel E de calidad térmica en un posible etiquetado de post-construcción.

3.2. Análisis de la sub-casa 1:

Como ya se mencionó este sector al fondo de la propiedad data del año 1985 de construcción tradicional de ladrillos comunes y ladrillos huecos, carpinterías de madera con techo en dos partes siendo una con canalón de fibrocemento y otra con chapa galvanizada en zona servicios. Originalmente funcionó como monoambiente de estudiante y en la actualidad como depósito aunque cuenta con baño y cocina completo y una superficie cubierta de $27,1\text{ m}^2$. En techos solamente cuenta con $0,02\text{ m}$ de EPS densidad 11 kg/m^3 y cielorraso de machimbre de $\frac{1}{2}''$ a la vista. Solo al muro este, con posterioridad y debido a la gran condensación superficial del muro de $0,12\text{ m}$ de ladrillos comunes, se le agregó por dentro $0,04\text{ m}$ de EPS 15 kg/m^3 + barrera vapor polietileno 200 micrones y un nuevo muro de ladrillo visto de $0,12\text{ m}$ espesor.

Los resultados que se obtienen de las mediciones corresponden a una temperatura interior de $9,5^{\circ}\text{C}$ y es razonable ya que la media entre el interior calefaccionado y el exterior da $9,3^{\circ}\text{C}$. La temperatura superficial de techo es de 6°C siendo las caras norte, oeste y sur de 5°C 6°C y 6°C respectivamente. Se diferencia ligeramente la cara este con un registro de 7°C . Los vidrios en todos los casos muestran una temperatura interior de 3°C . Resultado de esto la Casa 1 con el método propuesto alcanza un $\tau'_m = 3,47\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un $K'_m = 2,65\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ que se corresponde a un Nivel F.

3.3. Análisis de la sub-casa 2:

Esta vivienda es una ampliación que data de 1996 en dúplex integrada a la anterior por un apéndice de $2,4\text{ m}$ de ancho, conteniendo éste la cocina y el lavadero. El cuerpo principal de la casa posee dos dormitorios, estudio, entresuelo baulera, baño en suite, estar-comedor y desayunador. Totalmente construida en ladrillos comunes sin revocar a junta cepillada tipo doble muro y en su interior $0,04\text{ m}$ de EPS 15 kg/m^3 . El techo a dos aguas de chapa prepintada color, espacio ventilado, $0,1\text{ m}$ EPS 20 kg/m^3 difícilmente inflamable y madera de machimbre de pino de $\frac{3}{4}''$ a la vista. La zona de cocina lavadero posee

una losa compuesta por perfiles T de hierro PN8 y 0.05 EPS 30 Kg/m³ como bovedilla cada 50cm. La capa de compresión con H° alivianado con pipiolita, la membrana hidráulica y un aislamiento térmico exterior tipo “techo invertido” con placas de EPS 0.025 m espesor y 20 kg/m³ protegidas por 0.06 m ripiolita suelta. Todas las carpinterías son de madera cedro y vidrios repartidos. Solo las de dormitorios poseen cortina de enrollar de PVC y en todos los casos posee protecciones solares dimensionadas para cada orientación. La fachada principal da al mediodía solar con una ligera rotación de 12° al amanecer. La vivienda se encuentra calefaccionada con dos estufas tipo TBU a gas natural de 2752 W (3200 kcal/h) cada una y poseen termo estabilizador. La caja de escalera se encuentra tabicada con una puerta esclusa de cierre automático para minimizar la estratificación. Los puntos más alejados de los calefactores son la cocina y el lavadero, de hecho los lugares más fríos.

Los resultados que se obtienen de las mediciones corresponden a una temperatura media interior de 17,3°C con máximas de 18,1°C en dormitorios de planta alta y mínimas de 16,6°C en cocina. Dado que hay una puerta corrediza cerrada de noche el lavadero solo se atempera con el calor emitido por un termostato de 120 litros y quemador de 3956W alcanzando una temperatura de 14,6°C. Los techos de chapa alcanzan una temperatura de 18,6°C y para evitar obtener valores negativos se decidió restar un grado por la estratificación usual en calefactores por convección. Los muros opacos en planta baja muestran una temperatura media de 16°C cuando cuentan aislamiento, salvo los bajo ventana de ladrillo de 0.12 m que muestran una temperatura de 13°C. En planta alta los valores son ligeramente superiores con temperaturas de 16 a 18°C. En el caso de las ventanas se tomaron las temperaturas de vidrios y marcos por separado a 0,20 m de distancia y luego se buscó una integración a 1 m de distancia al centro de las ventanas. Por cálculo y medición el resultado fue una temperatura de 11°C. Resultado de esto la Casa 1 con el método propuesto alcanza un $\tau'm = 2,26$ °C y un $K'm = 0,98$ W/m².K que se corresponde a un Nivel D.

3.4. Análisis de la sub-casa 3:

Es un anexo pensado como departamento con acceso independiente desde la calle y construido sobre una cochera en forma de duplex. Se accede por puerta desde zona de dormitorios de casa 2. Está íntegramente construida en tecnología liviana y gran aislamiento térmico. Estructura de madera tratada con CCA, revestimiento interior de tableros de yeso roca y revestimientos en zona baño y cocina (office). En este caso el aislamiento es mayoritariamente con 0.10 m lana de vidrio y el EPS 30 kg/m³ se uso para aislar piso hacia cochera en contacto con aire exterior y en el recubrimiento exterior EIFS. La transmitancia térmica K de techos es 0.30 W/m².K, pisos K = 0,52 W/m².K y cerramientos verticales opacos K = 0,23 W/m².K. La relación vidriado opaco es baja y las carpinterías con vidrio simple son de madera con vidrio repartido a razón de 0,41 vidrio/madera y una K = 3,50 W/m².K (calculada) y cortinas interiores tela. El protocolo de la IRAM 11900 le asigna un nivel A con un $\tau'm = 1,00$ °C y un $K'm = 0,48$ W/m².K. Se encuentra equipada con un calefactor TBU de 2752 W (3200 kcal/h) en planta baja y sin climatizadores en planta alta. A pesar de esto la temperatura instantánea en planta baja fue de 14°C y 16,3°C en planta alta remarcando que la estufa desde el día anterior se encontraba al mínimo.

En el caso de este sistema de construcción liviana las dispersiones en las mediciones fueron importantes y también la aplicación del método propuesto. Probablemente por la muy baja inercia térmica de la construcción. Resultado de esto, la caída de temperatura media ponderada resulta en $\tau'm = 2,48$ °C y un $K'm = 1,07$ W/m².K que se corresponde a un Nivel D similar a Casa 2 con menor nivel de aislamiento y mayor superficie vidriada.

3.5. Comparación sub casos y global:

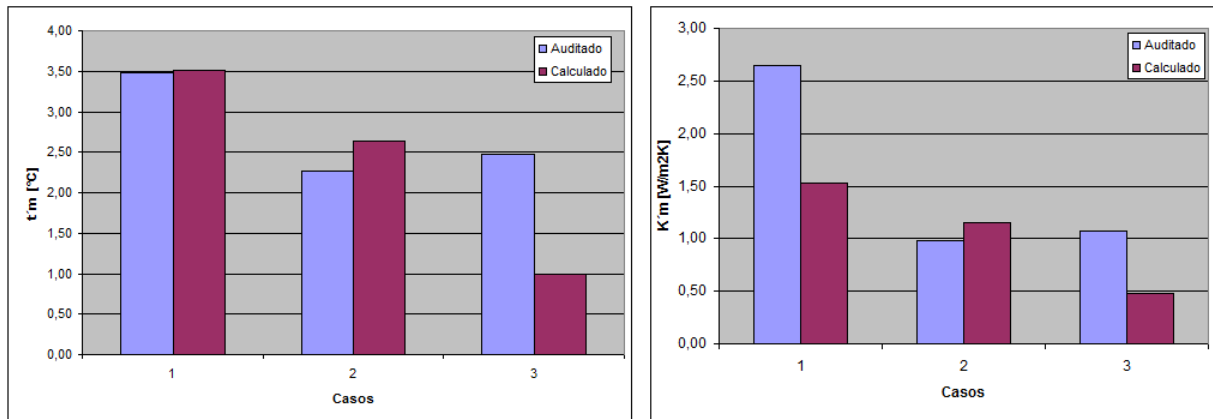
La tabla 5 muestra una síntesis de los resultados obtenidos. El procedimiento muestra, en principio, un escaso margen de diferencia en el caso global y en la Casa 1 más convencional y de bajo aislamiento térmico general, al menos en la caída de temperatura media ponderada. En el caso de la transmitancia media ponderada de la Casa 1 la diferencia es significativa (-72.7%) al mostrar las mediciones mayor transmitancia térmica. No se midió humedad en paramentos para ver si esta mayor transmitancia térmica está afectada por un mayor tenor de humedad en los mismos.

		Auditado	Calculado	Dif %
Caso general	$\tau'm$ [°C]	2,65	2,8	3,8
	Calidad	E	E	
	$K'm$ [W/m2K]	1,34	1,39	3,8
		Auditado	Calculado	Dif %
Casa 1	$\tau'm$ [°C]	3,47	3,51	0,9
	Calidad	F	G	---
	$K'm$ [W/m2K]	2,65	1,53	-72,7
Casa 2	$\tau'm$ [°C]	2,26	2,63	14,0
	Calidad	D	E	---
	$K'm$ [W/m2K]	0,98	1,15	14,9
Casa 3	$\tau'm$ [°C]	2,48	1,00	-147,8
	Calidad	D	A	---
	$K'm$ [W/m2K]	1,07	0,48	-124,6

Tabla 5: Comparación de vivienda global y por sub casas.

Respecto a la Casa 2 que se encuentra calefaccionada la diferencia es razonable y similar (14%) en cuanto a caída de temperatura y transmitancia térmica media ponderada. Se recuerda que los casos anteriores cuentan con una envolvente capaz de retener calor en la masa de la envolvente.

En el caso de la última ampliación de la vivienda designada como Casa 3 de construcción liviana el método muestra diferencias muy significativas ya que las mediciones muestran un incremento de los indicadores entre 125 a 148% respecto del valor calculado con el protocolo de la IRAM 11900. Esto se ve en las figuras 3 y 4.



Figuras 3 y 4: Comparación de en τ_m y K_m entre casos auditados y calculados mediante IRAM 11900.

3.6. El comportamiento térmico en semana de medición

En la figura 5 se muestra con claridad las diversas variaciones de temperatura en los ambientes interiores calefaccionados respecto de Casa 1 sin calefaccionar. Los adquisidores de datos Hobo se ubicaron a una altura entre 1m a 1,5 m del nivel del suelo y lejos de fuentes de calor. Mientras Casa 1 varía con una amplitud térmica media de 5 °C el exterior lo hace con 10°C. Las mínimas interiores de Casa 1 siguen la media exterior y las máximas no superan la máxima exterior. Las máximas exteriores sufren una “perturbación” en los registros por ingreso de sol al resguardo instalado entre las 3 y las 5 de la tarde.

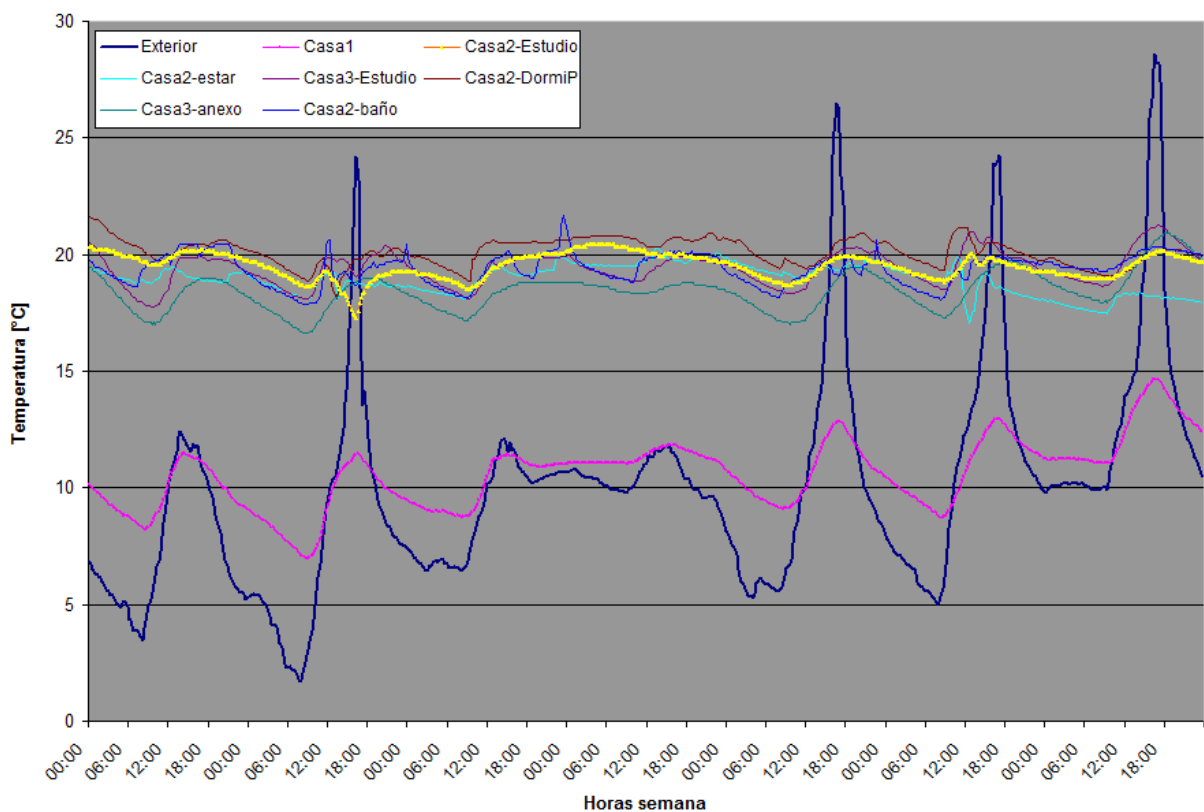


Figura 5: Variación de la temperatura de ambientes interiores en relación al exterior

La media de las temperaturas interiores en Casa 2 y 3 se encuentran alrededor de los 18°C con una amplitud térmica cercana a los 3°C y muestra el razonable funcionamiento de los termo estabilizadores a gas del sistema de calefacción combinado con la masa térmica, en particular en Casa 2.

En la Figura 6 se muestra la variación de las temperaturas en la semana de medición respecto a la temperatura exterior en el dormitorio principal ubicado al norte donde se ubicó un termistor en el muro debajo de la ventana. Este muro sin revocar en ambas caras muestra importantes variaciones de temperatura aunque en relación al ambiente interior presenta un perfil similar en cuanto al comportamiento general. Mientras los datos registrados en el ambiente interior poseen una media de

20°C con escasa variación térmica; la superficie presenta temperaturas sensiblemente más bajas y algunos pocos registros “extrañamente” bajos en torno a los 7°C.

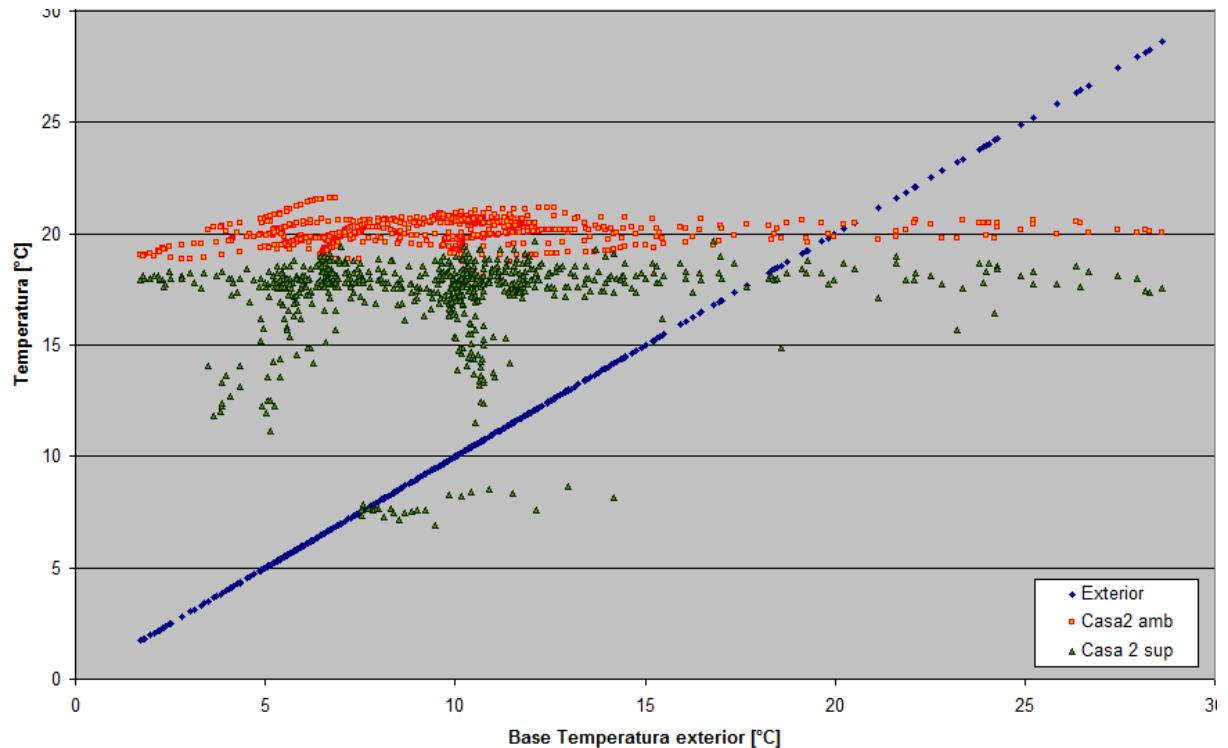


Figura 6: Relación entre las temperaturas exteriores respecto de las temperaturas del ambiente interior y en la superficie de un muro de 0.12m espesor ($K=2,67 \text{ W/m}^2\text{K}$) orientado al norte.

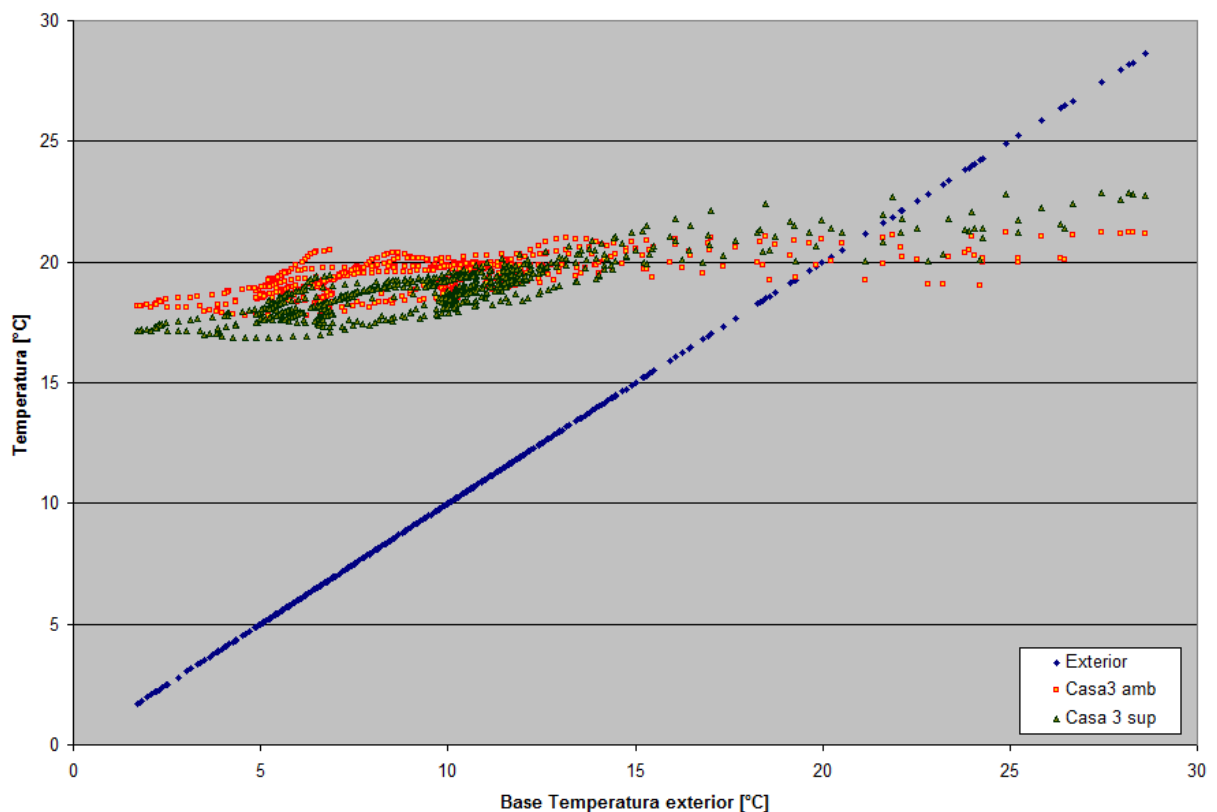


Figura 7: Relación entre las temperaturas exteriores respecto de las temperaturas del ambiente interior y en la superficie de un tabique liviano con fuerte aislamiento térmico ($K=0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$) de 0.12m espesor orientado al oeste.

La Figura 7 con el tabique liviano muy bien aislado térmicamente prácticamente se confunde con el ambiente interior. Hay baja amplitud térmica con temperaturas en la superficie muy próximas a la temperatura interior. Es lo esperable en un edificio concebido con el Nivel A de la Norma de Etiquetado energético en calefacción. Mientras el caso 2 muestra una estabilidad en este caso hay una pendiente positiva posiblemente debida a la nula inercia térmica de este tipo de sistemas constructivos.

4. CONCLUSIÓN

El procedimiento se muestra de simple aplicación y requiere de instrumental por auditor que no supera los 300 u\$s en el mejor de los casos. La fiabilidad o resolución pareciera buena en el caso de edificios convencionales con deficiente nivel de aislamiento térmico en la envolvente y es independiente de si están o no climatizados. Esto al menos en el caso de viviendas que poseen una baja carga térmica por ocupación. Cuando el edificio posee mejoras térmicas en la envolvente correspondientes a niveles de etiquetado en torno al D todavía hay una razonable respuesta del método implementado. En ambos casos son edificios con envolventes semipesadas, particularmente en muros. En el caso de edificios con gran aislamiento térmico el método y el tipo de instrumental utilizado pareciera no responder y requiere de un mayor análisis y mayor cantidad de casos a analizar. Pero debemos reconocer que casos de nivel A o B son raros en el parque habitacional del país y mayoritariamente es más factible encontrar niveles inferiores a E. Es necesario encontrar un protocolo válido para servir de antecedente a una posible norma de etiquetado para edificios existentes basado en auditorías in situ.

5. REFERENCIAS

- Czajkowski, Jorge y Gentile, Carlos. (1999). Evaluación de la variación en la resistencia superficial interior en encuentros de planos verticales y horizontales en viviendas. *Revista Avances en energías Renovables y Ambiente*. Vol 3 Nro 2, pág. 08-9 a 08.12.
- IRAM 11601. (2002). Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. IRAM. Buenos Aires.
- IRAM 11603. (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- IRAM 11604. (1990). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- IRAM 11605. (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. IRAM. Buenos Aires.
- IRAM 11625 y 30. (2000). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales (25) puntos singulares (30) de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- IRAM 11659-1. (2004). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración.
- IRAM 11659-2. (2007). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Viviendas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.

6. ABSTRACT

The country recently approves standards IRAM for energy efficiency labeling of heating for all buildings types. This norm only applies to new buildings and there is no history of any method or protocol with reasonable error to evaluate the existing buildings. As part of research projects LAyHS took a reference case that meets many constructive solutions and we designed a protocol for verifying measurements and labeling for buildings in operation. It presents the methodology used, results of the measurements and discusses the results. This is seeking to raise a proposal to other groups in the country to join up to a certain protocol and consensus.

Keywords: standards, energy efficiency, heating, buildings.